

UbiComp – Teil 3: IoT, Netzwerke und Digitalisierung von Informationen

Prof. Dr.-Ing. Dorothea Schwung

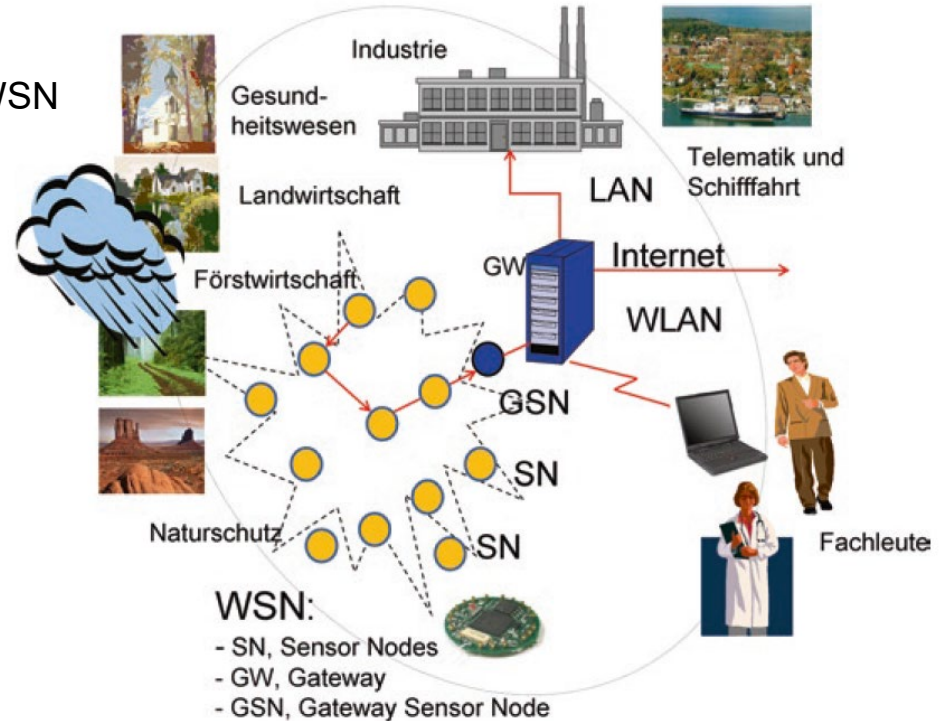
Lernziele Teil 3

1. Sie wissen was WSN bedeutet und kennen die Einsatzgebiete.
2. Sie können das „Internet der Dinge“ und dessen Auswirkungen auf den Alltag und die Industrielandschaft beschreiben.
3. Sie können die möglichen Netzwerktopologien unterscheiden und die Eigenschaften benennen.
4. Sie sind mit Stellenwertsystemen vertraut und beherrschen die Konvertierung in jeweils andere Stellenwertsysteme.

Wireless Sensor Networks

- Sensoren werden in der Umwelt ausgebracht
 - Vernetzen sich untereinander, bilden ein WSN
 - Nehmen Attribute der Umwelt wahr
 - Datenverarbeitung (teils) im Netzwerk
 - Übermittlung von (aggregierten) Daten an eine Basis-Station

- Anwendungsgebiete
 - Umgebungs-/ Umwelt-Monitoring
 - Einbruchserkennung
 - Buschfeuerwarnung
 - Telemetriedatenerhebung
 - Landwirtschaft
 - „Smart Container“



Quelle: Moderne Rechnernetze von A. Luntovsyy und D. Gütter, Springer, 2020

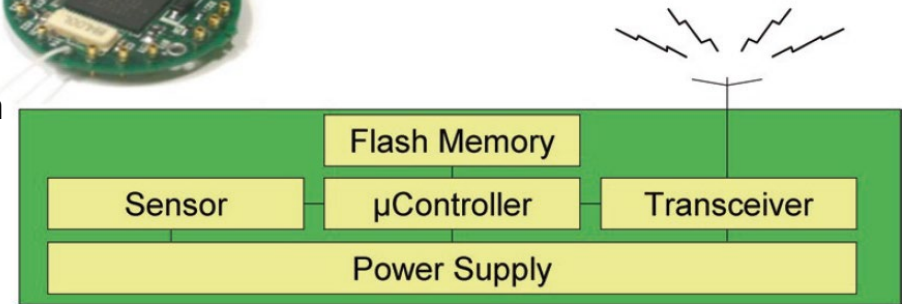
Wireless Sensor Networks

▪ Energieeffizienz ist entscheidend für

- Langlebigkeit
- Niedrige Wartungskosten
- Hohe Zuverlässigkeit
- Gewährleistung der Dienstgüteanforderungen (QoS)

▪ Energy Harvesting

- Ermöglicht die Energiegewinnung aus der Umwelt durch
 - Bewegungsenergie
 - Sonnenlicht
 - Wärme



Beispiel CPU: Intel StrongARM

- Mikrokontroller: 8-Bit-Harvard Architecture ->
- Zwei Speicher:
Program RAM = 128 KB; Data RAM = 64 KB
- Flash Memory = 1 MB
- Frequenzband:
 - F = 315...916 MHz (Mica2, Mica2Dot)
 - F = 2,4 GHz for (ZigBee IEEE 802.15.4, Imote)
- Datenrate DR = 38 KBit/s ... 0,7 MBit/s
- Reichweite D = 30 ... 150 m
- Supply = max. 1000 mW
- Sendeleistung PTx = 4 ... 10 dBm
- Kurzpakete (Telegramme)
TL = 100 Byte/ 1 ms
- Betriebssystem: Tiny OS

Quelle: Moderne Rechnernetze von A. Luntovsyy und D. Gütter, Springer, 2020

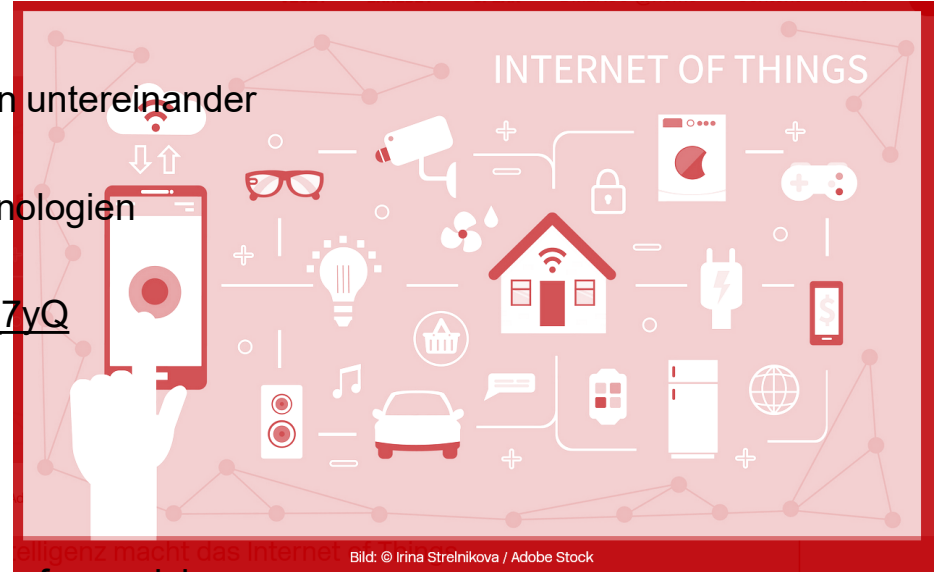
Wireless Sensor Networks

Eigenschaft	EnOcean	KNX-RF	Z-Wave	Zig Bee (IEEE 802.15.4)	Scatter-web	Nano NET
Frequenz, MHz	868	868	868	2400	868	2400
MAC-Schicht	Beacon	–	CSMA	Beacon CSMA	–	CSMA/CA, TDMA, ALOHA
Topologie	Stern/Mesh	Stern	Stern/Mesh	Stern/Mesh	Baum/Mesh	Mesh
Datenrate, KBit/s	125	16,4	9,6/40	250	20	2000
Anzahl von Knoten	2^{32}	256	2^{32}	2^{16}	255	2^{48}
Sicherheit	AES	–	Mittel-fristig	AES	–	+
Energie-Verbrauch	Sehr gering	Gering	Gering	Gering	Gering	Mittel
Kollisionswahrscheinlichkeit	Sehr gering	+	+	Gering	Gering	Sehr gering
Energy Harvesting	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Reichweite, m	30–300	10–100	20–200	10–75	10–100	40–250

Quelle: Moderne Rechnernetze von A. Luntovsyy und D. Gütter, Springer, 2020

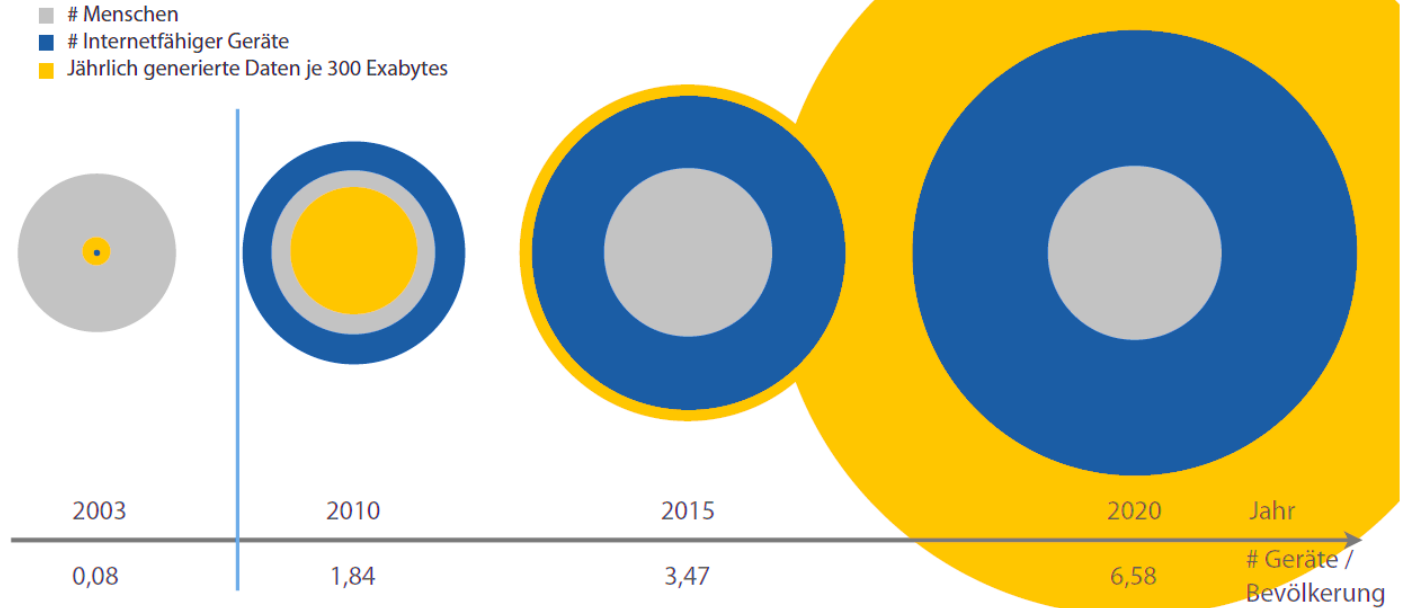
Internet der Dinge (IoT)

- Elektronische Vernetzung von (Alltags-)Dingen untereinander
- Globale Infrastruktur notwendig
 - Anleihen bei existierenden Internet-Technologien
- https://www.youtube.com/watch?v=yLZbzbO_7yQ
- Ziele:
 - Objekte tragen mehr als nur eine ID
 - Objekte sollen ihren eigenen Prozessablauf organisieren
 - Objekte sollen mit anderen Objekten interagieren



Internet der Dinge (IoT)

Internet of Things - Entwicklung im Zusammenhang



Durch den rapiden Zuwachs an internetfähigen Geräten steigt auch die Menge der generierten Daten, welche für Analysen zur Verfügung stehen.

Quelle: Cisco (2011), IDC (2014)

Internet der Dinge (IoT)

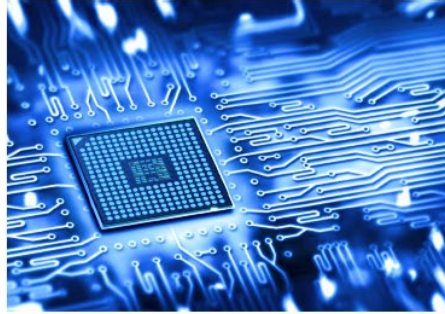
Einflussfaktoren auf das Internet der Dinge



Konnektivität

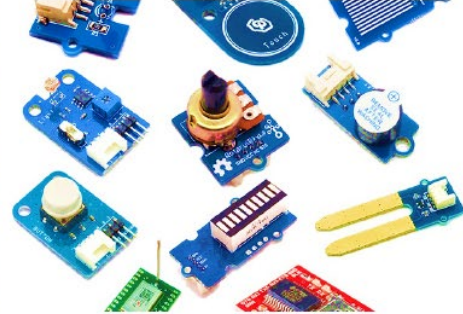
- Die Kosten für Übertragung sind innerhalb von 10 Jahren um den Faktor 40 gefallen
- Die Abdeckung mittels Funktechnologien hat sich deutlich verbessert

Die Kosten als auch die Verfügbarkeit von Hard- und Software, ebenso wie Konnektivität begünstigen die rasche Verbreitung des Internets der Dinge



Rechenleistung

- Die Kosten für Rechenleistung sind innerhalb von 10 Jahren um den Faktor 60 gefallen
- Die Anforderungen für den Betrieb (z.B. Energieverbrauch) wurden deutlich verringert



Hardwarekomponenten

- Die Kosten für Sensoren haben sich innerhalb von 10 Jahren mehr als halbiert
- Neue Hardwarekomponenten (z.B. Einplatinencomputer) können Grundlage für Projekte sein

Quelle: Goldman Sachs (2014)

Internet der Dinge (IoT)

Anwendungsbereiche – Ein Auszug...

Gebäude- und Heimautomatisierung

- Licht- und Temperaturregelung
- Energieoptimierung
- Vernetzte Haushaltsgeräte

Intelligente Städte

- Verkehrssteuerung
- Smart Metering / Smart Grid
- Intelligente Applikationen, z.B. intelligente Straßenbeleuchtung

Intelligente Fertigung

- Echtzeitinformationen
- Vorbeugende Wartung
- Integration von Kundenwünsche direkt in den Fertigungsprozess

Unterhaltung

- Smarte Geräte
- Anwendungsbezogene Sensoren
- Positionsbestimmung

Gesundheit

- (kontinuierliche) Fernüberwachung von Gesundheitsparametern
- Überwachung der Medikation
- Bestandsüberwachung

Automobilindustrie

- Autonomes Fahren
- Vorbeugende Wartung
- Infotainment

Internet der Dinge (IoT)

Internet of Things - 3 Visionen

Internet

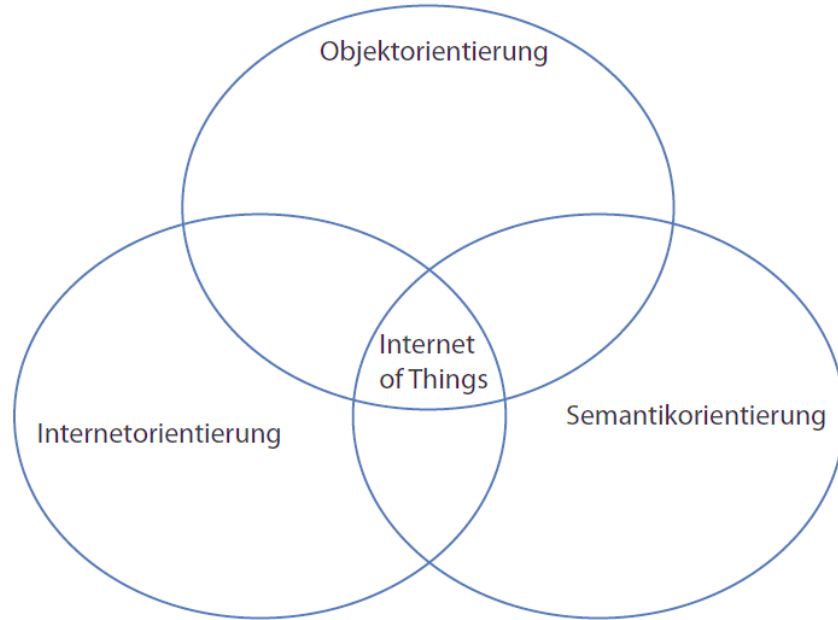
- Konnektivität im Vordergrund der Betrachtung
- Spezielle Anforderungen von IoT-Komponenten abbilden

Semantik

- Anzahl der Geräte in Zukunft sehr hoch
- Damit verbundene Herausforderungen der Verarbeitung und Kombination und Organisation von Informationen

Objekte

- Erste Interpretation des Begriffs auf Basis von RFID-tags
- Objektorientierung als Basis für virtuelle Repräsentanz physischer Objekte



Nur die Kombination der Begriffe beschreibt die Zielvision ausreichend

Quelle: Atzori et al. (2010)

Industrie 4.0

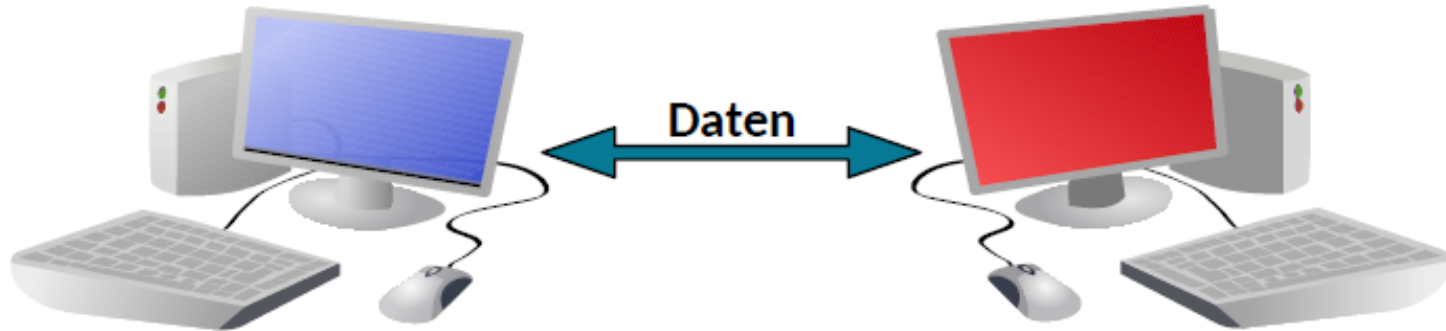
- → IoT in der Industrie (IIoT)

<https://www.youtube.com/watch?v=kQLbVVPNTMQ>

<https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/industrie-4-0/industrie-4-0.html>

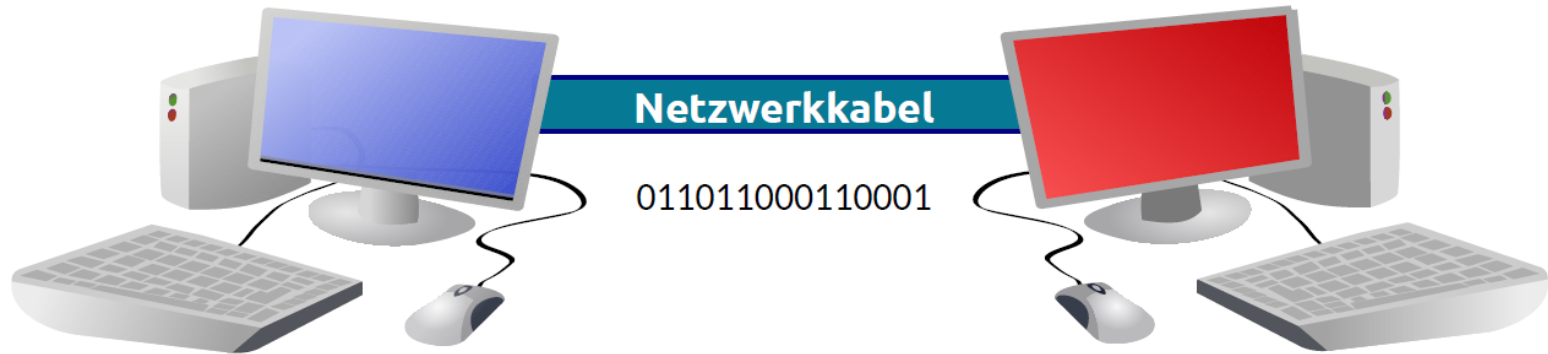
- Ziele:
 - Kundenindividuelle Produktion nach Losgröße 1
 - Effizientere Betriebsabläufe (vertikal & horizontal)
 - Höherer Durchsatz bei geringeren Kosten
 - Ressourcenschonende Produktion
 - Bedienungs- und Wartungsfreundliche Maschinen und Produktionsanlagen
 - Smarte Maschinen & Prozesse
 - Erschließung neuer Geschäftsmodelle

Netzwerkcommunication



Netzwerk = ein Verbund von zwei oder mehr Rechnern zum Zweck des Datenaustauschs

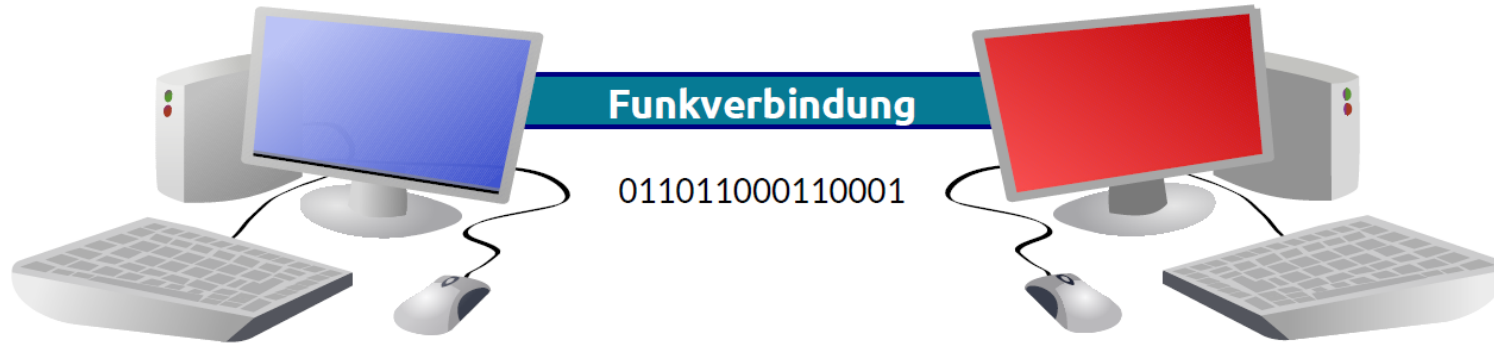
Netzwerkcommunication



Netzwerkabel

- durch Spannungsschwankungen werden Signale über ein oder mehrere Kabel geschickt, die 0 und 1 Werte darstellen

Netzwerkcommunication



Funkverbindung

- durch Sendeschwankungen werden Signale über ein oder mehrere Frequenzbereiche im Funk geschickt, die 0 und 1 Werte darstellen
- WLAN, Bluetooth, DECT, NFC, RFID, GSM/UMTS/LTE/5G, Satellit, ...

Netzwerktopologien

- Da normalerweise mehr als nur zwei Rechner miteinander vernetzt sind, gibt es unterschiedliche Strukturen, wie Netzwerke aufgebaut werden können.
- Die **Struktur der Verbindungen** wird als **Netzwerktopologie** bezeichnet.
- Die Netzwerktopologie ist wichtig für die **Verbindungsgeschwindigkeit** zwischen den Rechnern und für die **Ausfallsicherheit**.

Netzwerktopologien: Linie



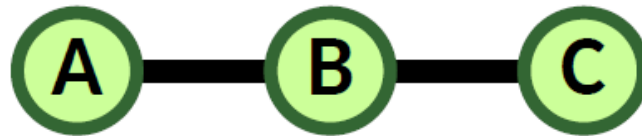
Netzwerk- Terminologie

- **Knoten**

Als **Knoten** wird ein einzelner Rechner oder sonstiger Verbindungspunkt in einem Netzwerk bezeichnet.

- **Hop**

Als **Hop** wird in einem Rechnernetzwerk der (kürzeste) Weg von einem Knoten zum nächsten bezeichnet.



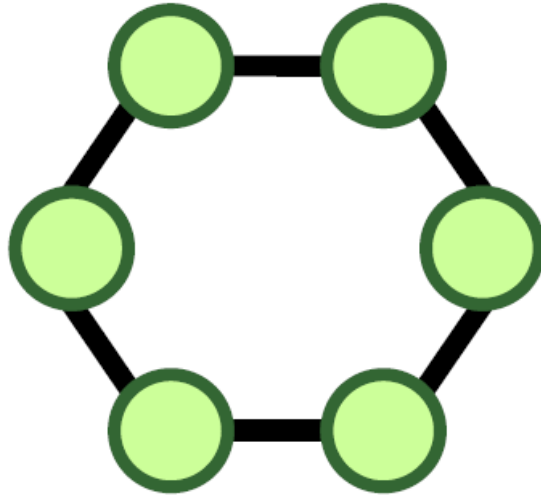
2 Hops von Knoten A nach C

Netzwerktopologien: Linie

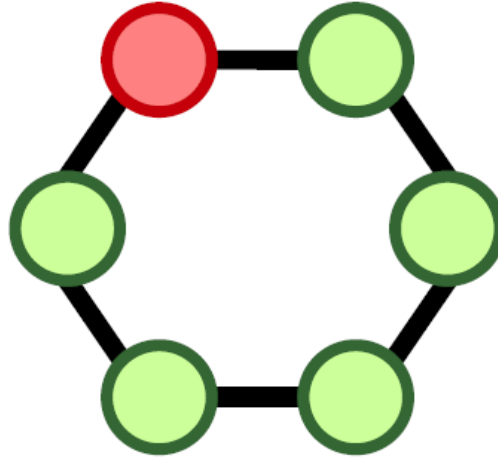


- **Ausfallsicherheit:** **schlecht**
Ausfall eines einzigen Knotens kann das Netz unterbrechen.
- **Verbindungsgeschwindigkeit:** **schlecht**
Im schlimmsten Fall müssen alle Knoten durchlaufen werden.
Bei n Knoten maximal $n-1$ Hops

Netzwerktopologien: Ring

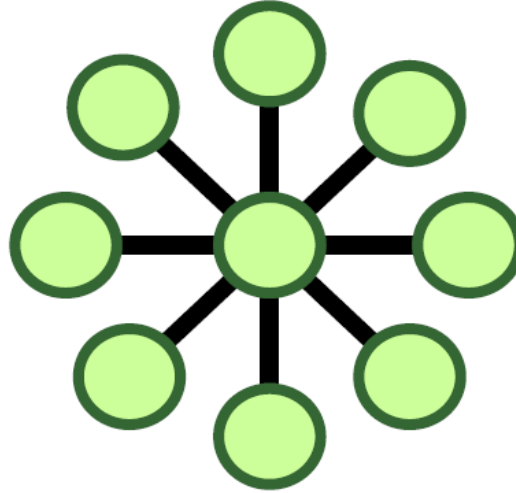


Netzwerktopologien: Ring

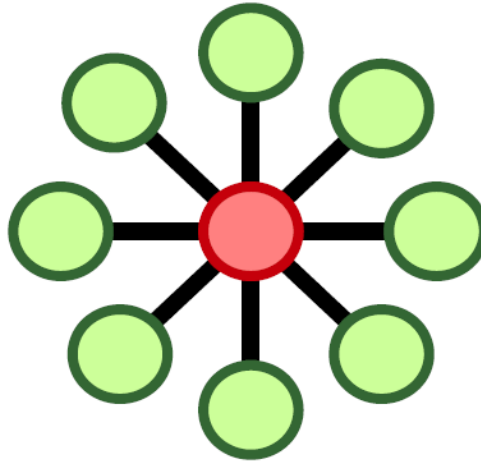


- **Ausfallsicherheit:** gut
Ausfall eines einzigen Knotens unterbricht das Netz nicht.
Mindestens zwei Knoten müssen ausfallen, um das Netz zu unterbrechen.
- **Verbindungsgeschwindigkeit:** mäßig
Bei n Knoten maximal $n/2$ Hops

Netzwerktopologien: Stern

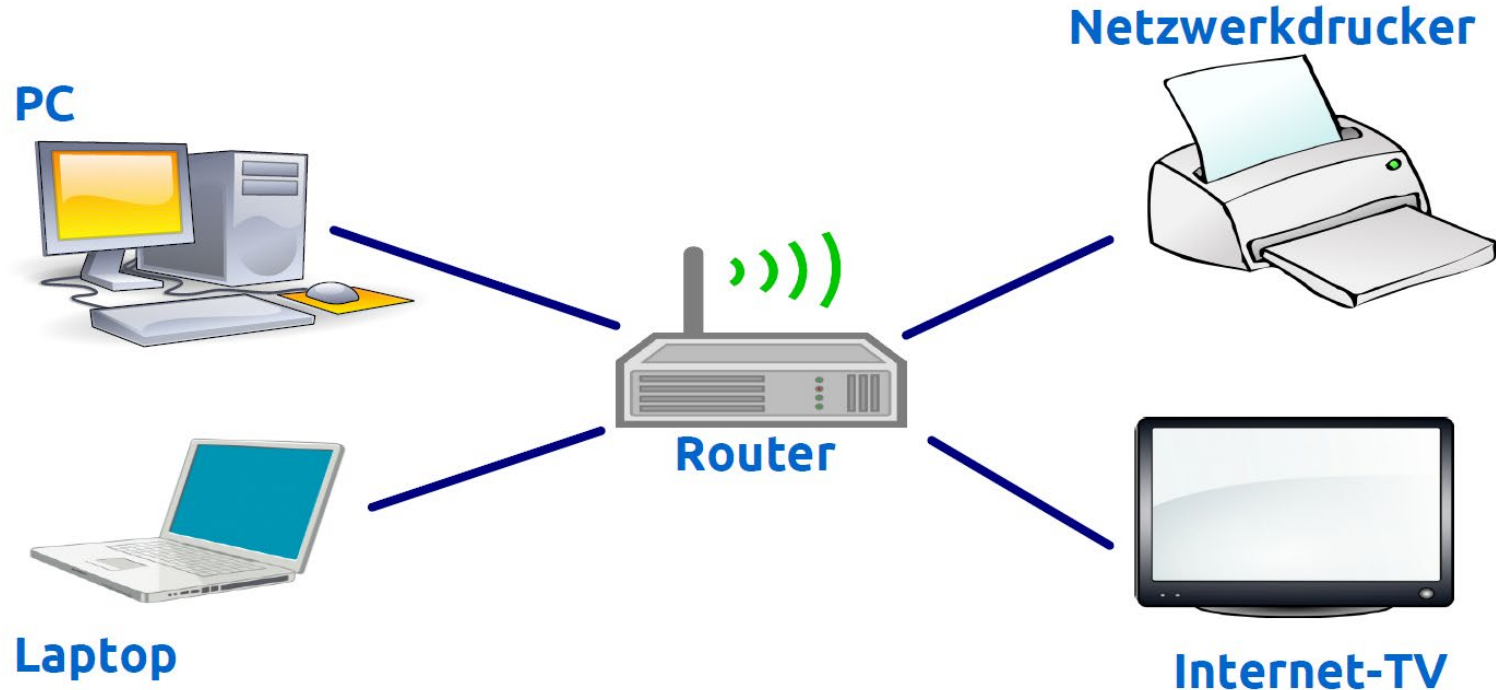


Netzwerktopologien: Stern

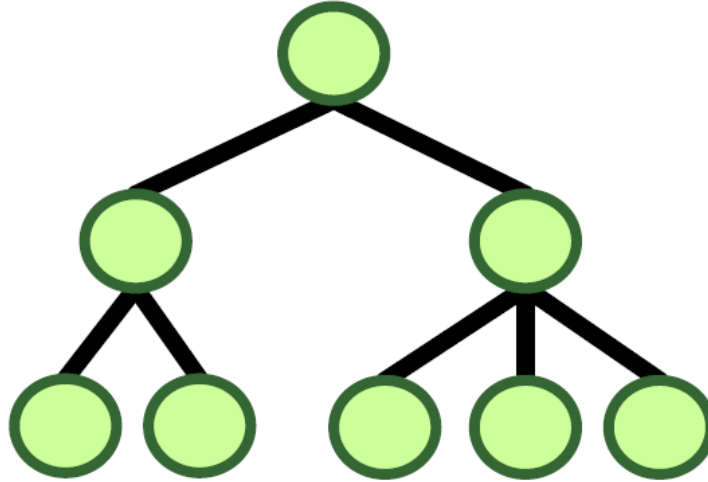


- **Ausfallsicherheit:** mäßig
Der zentrale Knoten darf nicht ausfallen.
Wenn äußere Knoten ausfallen, wird das Netz nicht unterbrochen.
- **Verbindungsgeschwindigkeit:** sehr gut
Maximal 2 Hops

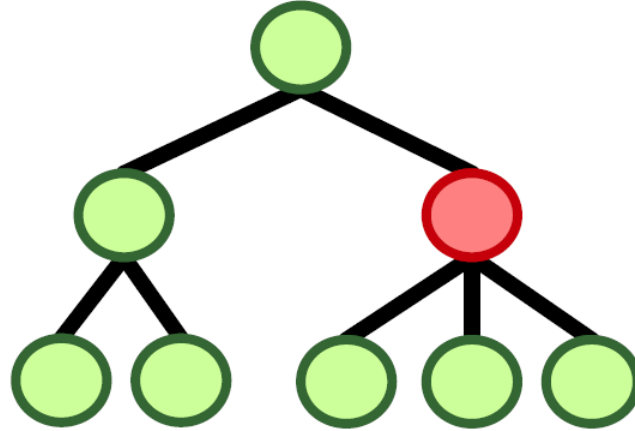
Beispiel: Stern-Netzwerk - Heimnetzwerk



Netzwerktopologien: Baum

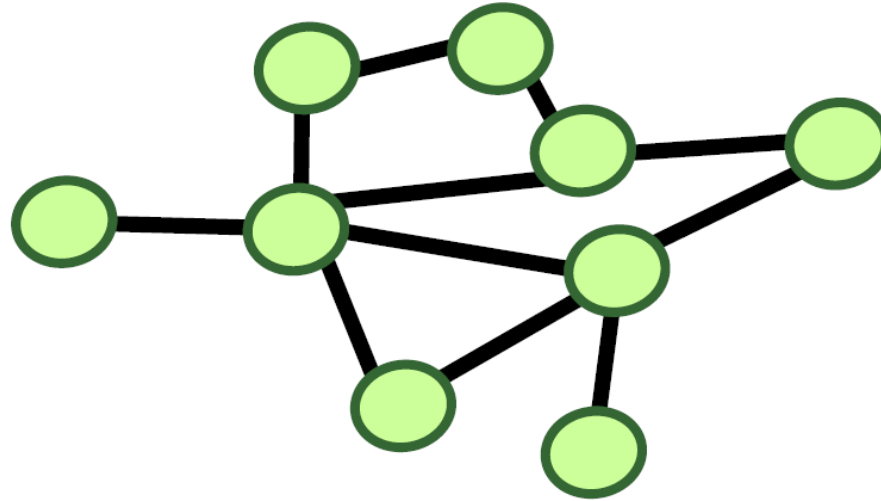


Netzwerktopologien: Baum

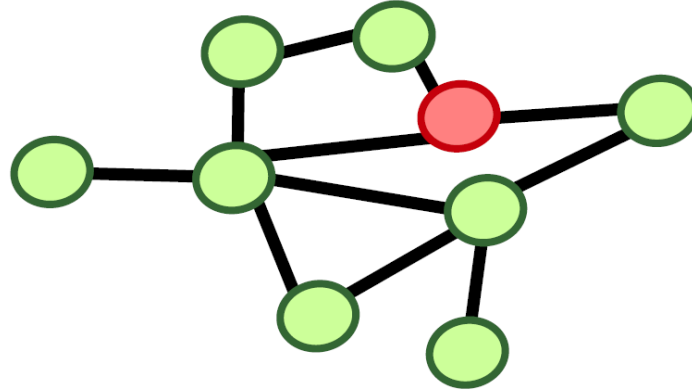


- **Ausfallsicherheit:** mäßig
genau ein Weg von einem Knoten zu einem anderen
- **Verbindungsgeschwindigkeit:** mäßig

Netzwerktopologien: Teilvermascht

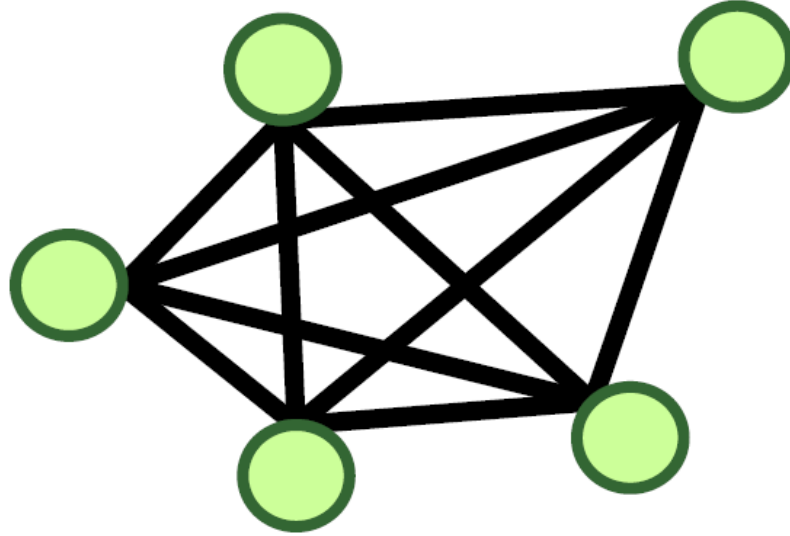


Netzwerktopologien: Teilvermascht

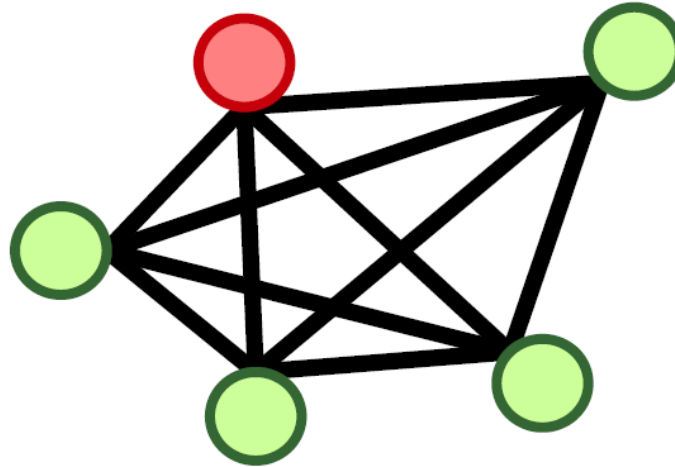


- **Ausfallsicherheit:** gut
Oftmals mehrere Wege von einem Knoten zu einem anderen.
- **Verbindungsgeschwindigkeit:** gut

Netzwerktopologien: Vollvermascht



Netzwerktopologien: Vollvermascht

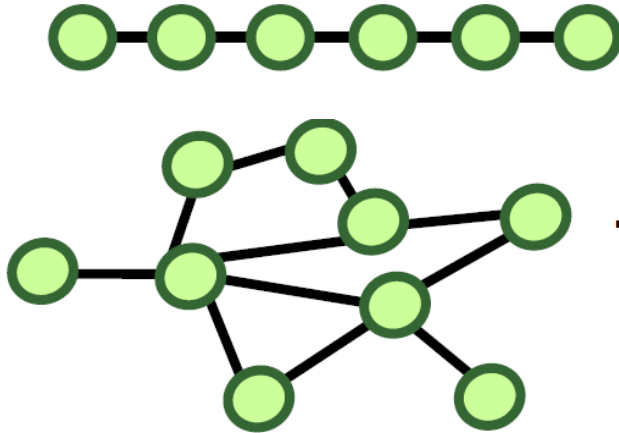


- **Ausfallsicherheit:** sehr gut
Auch wenn mehrere Knoten ausfallen, ist das Netzwerk nicht unterbrochen.
- **Verbindungsgeschwindigkeit:** sehr gut
Genau ein Hop zwischen allen Knoten

Netzwerktopologien

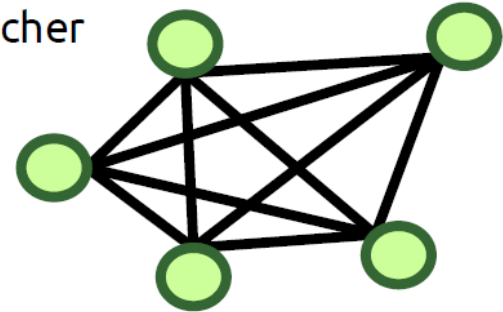
Linie

- kostengünstig
- bei n Knoten werden $n-1$ Verbindungen benötigt
- ausfallunsicher



Vollvermascht

- sehr teuer
- bei n Knoten werden $\frac{n(n-1)}{2}$ Verbindungen benötigt
- ausfallsicher



Teilvermascht

- guter Kompromiss
- recht kostengünstig und ziemlich ausfallsicher

Die ersten Computersysteme...

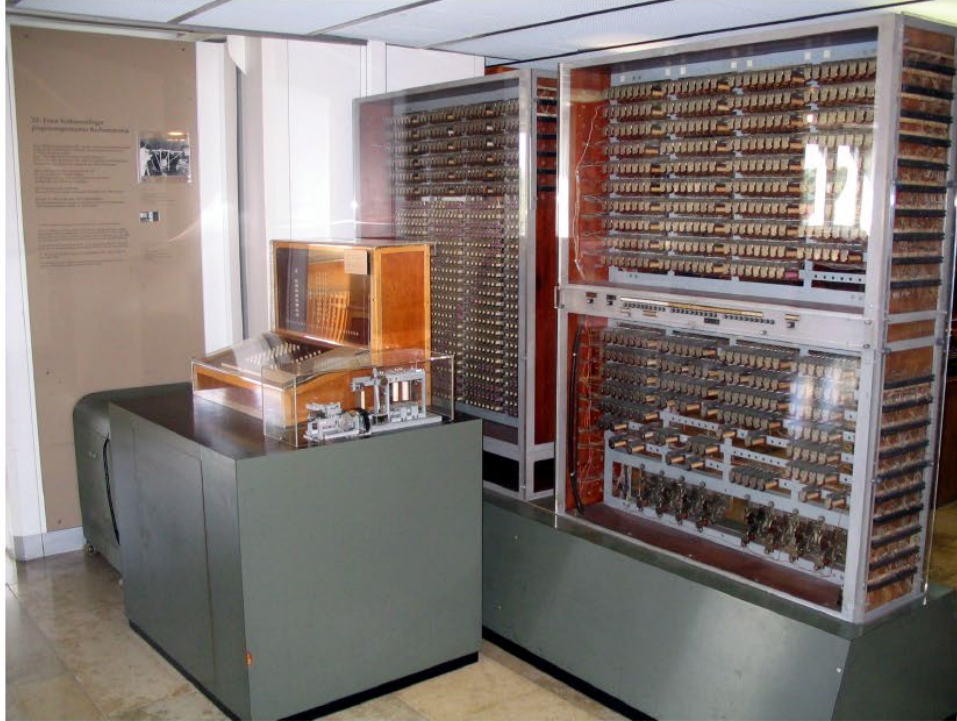
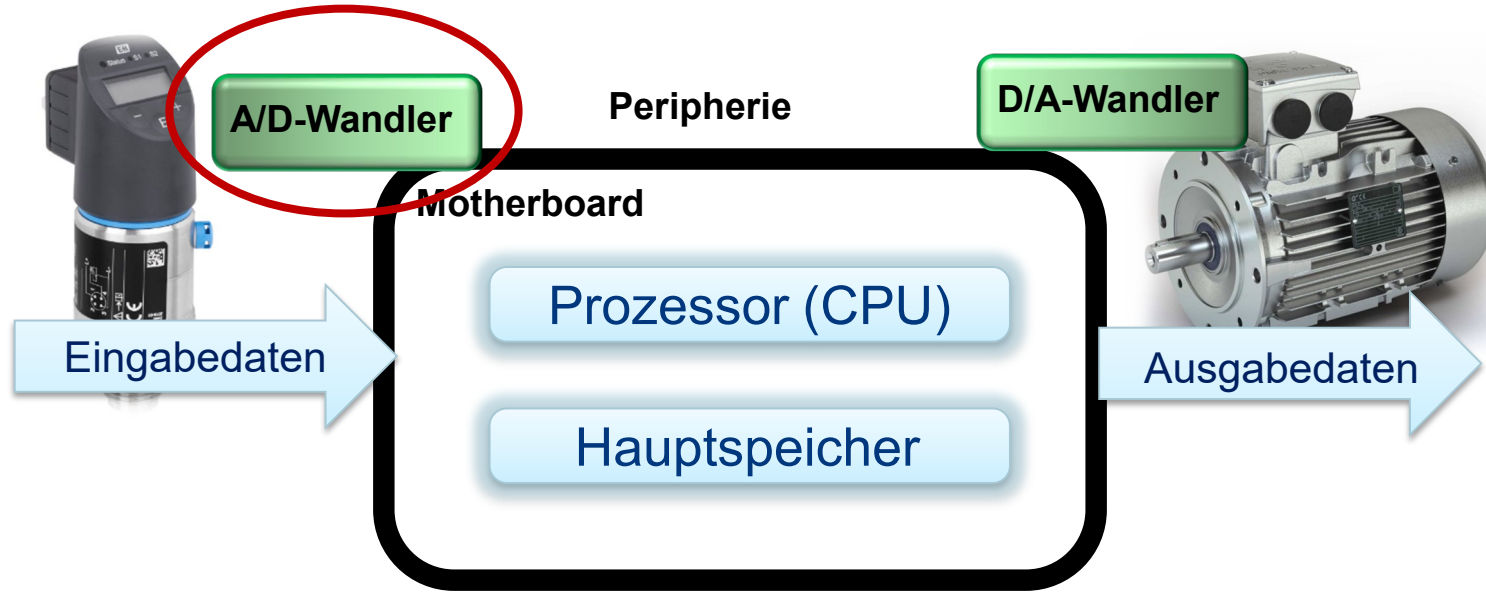


Bild: Venusianer (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Z3_Deutsches_Museum.JPG), „Z3 Deutsches Museum“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

Der Z3, der erste funktionsfähige Digitalrechner weltweit, wurde 1941 gebaut. Er bestand aus 600 Relais für das Rechenwerk und 1400 Relais für das Speicherwerk.

Relais sind elektromagnetische Schalter, die entweder eingeschaltet sind (der Strom fließt) oder ausgeschaltet sind (der Strom fließt nicht).

Computersysteme in der Produktion



Heutige Computersysteme **speichern** und **verarbeiten große Informationsmengen** bzw. **Datenmengen**!

Digitalisierung von Informationen

Für Computersysteme sind insbesondere 3 Stellenwertsysteme relevant:

- Das **Dezimalsystem**: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
- Das **Dualsystem** (auch Binärsystem): {0, 1}
- Das **Hexadezimalsystem**: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F}

Aufgrund der **physikalischen Gegebenheiten in einem Rechner** hat sich das **Binärsystem** (mit den **beiden Zuständen “0” und “1”**) durchgesetzt (Schalter offen/geschlossen, Spannung aus/ein...) → **Speicherung als Bitfolge**.

Mit dem Hexadezimalsystem lassen sich **je vier benachbarte Binärziffern** zu **einer einzelnen Hexadezimalziffer zusammenfassen** und somit **verkürzt darstellen**.

Darstellung natürlicher Zahlen

Die Menge \mathbb{N} der natürlichen Zahlen umfasst entweder alle positiven ganzen Zahlen oder alle nichtnegativen ganzen Zahlen:

$$\mathbb{N} = \{1; 2; 3; \dots\} \quad \text{oder} \quad \mathbb{N}_0 = \{0; 1; 2; 3; \dots\}$$

Zahlensysteme zur Basis β :

Jede natürliche Zahl z kann dargestellt werden durch ein n -stelliges Polynom der Ziffernfolge $z_{n-1} z_{n-2} \dots z_1 z_0$ mit $0 \leq z_i < \beta$, wobei die $\beta \geq 2$ die Basis ist:

$$z = z_{n-1} \cdot \beta^{n-1} + z_{n-2} \cdot \beta^{n-2} + \dots + z_1 \cdot \beta^1 + z_0 \cdot \beta^0 = \sum_{i=0}^{n-1} z_i \cdot \beta^i$$

Beispiele:

- $\beta = 10$: $23_{10} = 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$
- $\beta = 2$: $10111_2 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 23_{10}$
- $\beta = 16$: $17_{16} = 1 \cdot 16^1 + 7 \cdot 16^0 = 23_{10}$

Konvertierung zw. Stellenwertsystemen

Dezimal → Binär

$$23 : 2 = 11 \rightarrow \text{Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \rightarrow \text{Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \rightarrow \text{Rest } 1$$

$$2 : 2 = 1 \rightarrow \text{Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \rightarrow \text{Rest } 1$$

Die Binärzahl lautet: 10111_2

Dezimal → Hexal

$$23 : 16 = 1 \rightarrow \text{Rest } 7$$

$$1 : 16 = 0 \rightarrow \text{Rest } 1$$

Die Hexadezimalzahl lautet: 17_{16}

Binär ↔ Hexal

$$10111_2 = 0001 \ 0111 = 17_{16} \quad \text{Kochrezept: } 4\text{er Bündel in beide Richtungen}$$

Konvertierung zw. Stellenwertsystemen

Dezimal	Binär	Hexadez.
0	0	0
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7

Dezimal	Binär	Hexadez.
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F
16	10000	10

Bits & Bytes

Für die **Speicherung sinnvoller Informationsmengen** werden die einzelnen Bits zu **Gruppen aus mehreren Bits** zusammengefasst:

- 8 Bits \equiv 1 Byte
- 2 Bytes \equiv 1 Wort
- 4 Bytes \equiv Doppelwort
- 1024 Bytes \equiv 1 Kilobyte \equiv 1 KB \equiv 2^{10} Bytes
- 1024 Kilobytes \equiv 1 Megabyte \equiv 1 MB \equiv 2^{20} Bytes
- 1024 Megabytes \equiv 1 Gigabyte \equiv 1 GB \equiv 2^{30} Bytes
- 1024 Gigabytes \equiv 1 Terabyte \equiv 1 TB \equiv 2^{40} Bytes

Mit **8 Bits** der Zustände “**0**” oder “**1**” lassen sich $2^8 =$ **256** verschiedene **Kombinationen** bilden, z.B. **Zahlen** von **0...255** darstellen.

Daten & Dateien

Daten

- Letztendlich sind Daten eine Reihenfolge von 0 und 1, die einen entsprechenden Inhalt darstellen.
- Grob wird unterschieden zwischen:
 - **Binärdaten:** die Reihenfolge von 0 und 1 hat eine spezielle Semantik für einen speziellen Anwendungsfall.
 - **Textdaten:** die Reihenfolge von 0 und 1 stellt Zeichen dar, die anwendungsunabhängig dargestellt werden können, aber die Zeichen haben normalerweise auch eine spezielle Semantik für einen speziellen Anwendungsfall.

Dateien

- Daten werden in Container zusammengefasst, damit sie einfacher gespeichert und geladen werden können - diese werden als **Dateien** bezeichnet.
- oft gibt die Endung einer Datei an, von welchem Typ die Daten sind
 - z. B. mp3, doc, xls, txt, html, png

Dateisysteme

- Damit Dateien in einem Speicher abgelegt und von dort wieder gelesen werden können, muss der Speicher eine spezielle Struktur haben, um die Dateien zu adressieren (z.B. über den Namen).
- Eine solche Speicher-Struktur für Dateien wird als **Dateisystem** bezeichnet.
- Es gibt viele verschiedene Dateisysteme, die für spezielle Anwendungen optimiert sind (z.B. für sehr große Dateien, für schnelles Lesen, für schnelles Schreiben, für wenig Speicherverbrauch, ...).
- Gängige Dateisysteme:
 - NTFS – New Technology File System (gängig auf Windows)
 - ext4 – fourth extended file Sytsem (gängig auf Linux)
 - HFS+ - Hierarchical File System Plus (gängig auf Mac)
 - FAT – File Allocation Table (kompatibel zu vielen Betriebssystemen)

Speicherformate

Speicherformate

- Daten sind immer nur Nummern, die aber je nach Anwendung eine spezielle Semantik haben.
- Für Textdaten werden Zeichencodes gespeichert, bei denen jeder Code einem Zeichen zugeordnet ist.
 - z. B. ASCII-Zeichensatz
- Für Bild- und Video-Daten werden für Pixel (Bildpunkte) oder andere Objekte in einem Bild die Farbwerte gespeichert.
 - z. B. RGB für Bilder, die am Bildschirm angezeigt werden
 - z. B. CMYK für Bilder, die gedruckt werden

ASCII-Code

Code	Char	Code	Char	Code	Char	Code	Char	Code	Char	Code	Char
32	[space]	48	0	64	@	80	P	96	`	112	p
33	!	49	1	65	A	81	Q	97	a	113	q
34	"	50	2	66	B	82	R	98	b	114	r
35	#	51	3	67	C	83	S	99	c	115	s
36	\$	52	4	68	D	84	T	100	d	116	t
37	%	53	5	69	E	85	U	101	e	117	u
38	&	54	6	70	F	86	V	102	f	118	v
39	'	55	7	71	G	87	W	103	g	119	w
40	(	56	8	72	H	88	X	104	h	120	x
41	)	57	9	73	I	89	Y	105	i	121	y
42	*	58	:	74	J	90	Z	106	j	122	z
43	+	59	;	75	K	91	[	107	k	123	{
44	,	60	<	76	L	92	\	108	l	124	|
45	-	61	=	77	M	93	]	109	m	125	}
46	.	62	>	78	N	94	^	110	n	126	~
47	/	63	?	79	O	95	_	111	o	127	[backspace]

RGB-Farbwerte

- Farbe wird aus 3 Farbwerten gemischt, wobei jeder Wert die Lichthelligkeit der Farbe angibt.

R = rot

G = grün

B = blau

- normalerweise Werte von 0 bis 255 (1 Byte) pro Farbe

(0,0,0) =		Hexadezimal = (0,0,0)	#000000
(255,0,0) =		Hexadezimal = (FF,0,0)	#FF0000
(0,0,255) =		Hexadezimal = (0,0,FF)	#0000FF
(255,255,0) =		Hexadezimal = (FF,FF,0)	#FFFF00

Ausblick

ISO-OSI Schichtenmodell, Übertragungsmedien & Codierung

Application Layer
Presentation Layer
Session Layer
Transport Layer
Network Layer
Data Link Layer
Physical Layer



UbiComp – Teil 3: IoT, Netzwerke und Digitalisierung von Informationen

Fragen?

Prof. Dr.-Ing. Dorothea Schwung